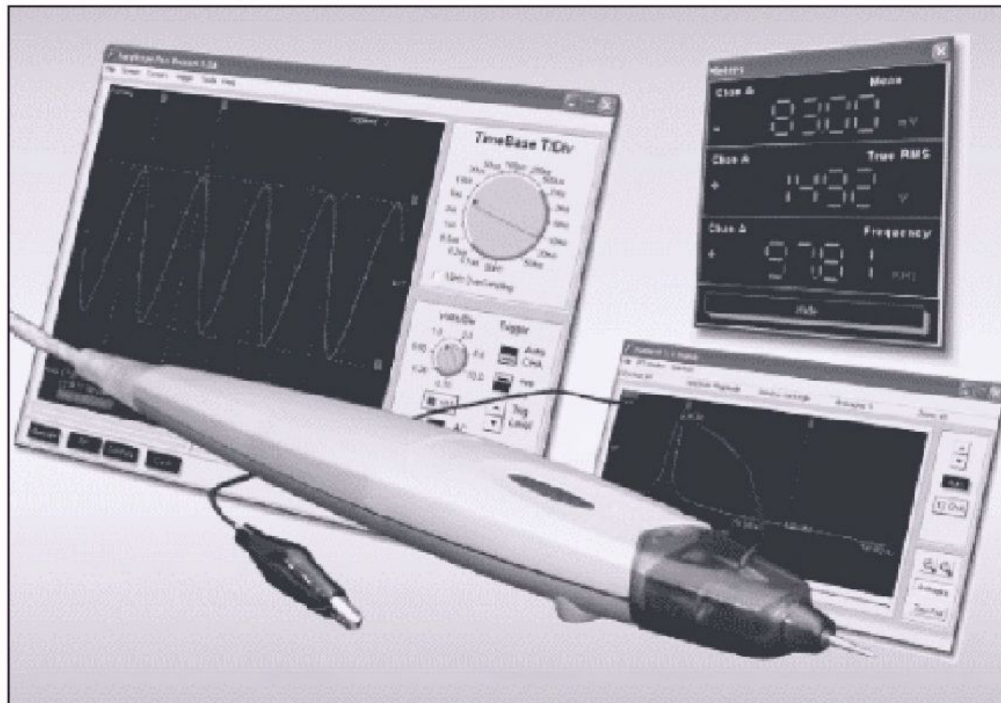




Kennismaken met - Nummer 12
USB Instruments
PS40M10
pen oscilloscoop

Vego

Vego VOF
Postbus 32.014, 6370 JA Landgraaf (NL)
Tel: 045-533.22.00 E-mail: vego_vof@compuserve.com
Internet: www.vego.nl/usb

Kennismaking met de PS40M10 "Swordfish" USB pen-scope

40 Msamples/s digitale eenkanaals oscilloscoop

De PS40M10 die met de koosnaam "Swordfish" door het leven gaat, is niet veel groter dan een flinke viltstift, zie figuur 1. In deze behuizing zit een eenkanaals digitale sampling oscilloscoop, die u op een USB-poort van uw PC moet aansluiten.
De specificaties van een dergelijk apparaat hangen niet alleen af van de hardware, maar ook van de meegeleverde software. Op de meegeleverde CD-ROM treft u twee programma's aan:

- "EasyScope II for PS40M10"
  Dit programma zet niet alleen een échte scope met een tijdbasis tot 50 ns/div op uw scherm, maar ook een spectrum analyser en een drievoudige digitale multimeter.
- "EasyLogger for PS40M10"
  Met deze applicatie wordt uw "Swordfish" een datalogger met een bereik van maximaal 1.000.000 samples en een maximale sample snelheid van 50 µs.



Figuur 1 De pen-scope "Swordfish" van USB Instruments is een volwaardige eenkanaals oscilloscoop met als afmetingen 20,0 x 3,5x 2,0 cm³

Handige meetprobe

De uitvoering als pen-scope heeft een heleboel voordelen, maar toch ook nadelen. Niet alle signalen kunt u immers gemakkelijk "vatten" met de naaldscherpe punt van de "Swordfish". Maar ook dáárvoor heeft USB Instruments een oplossing bedacht. U kunt de naaldscherpe meetprobe van de pen-scope trekken en vervangen door een volwaardige BNC-connector. Laat u zowel de meetpunt als de BNC-connector weg, dan kunt u rechtstreeks een kabeltje met RCA-connector op de "Swordfish" aansluiten. Deze metamorfoses zijn in figuur 2 samengevat.

Hardware specificaties

De elektronica in de PS40M10 heeft de volgende specificaties:

- 10 bit ADC resolutie;
- 40 Msamples/s natieve sampling rate;
- 1 Gsamples/s oversampling op stabiele signalen;
- resolutie bij oversampling tot 1 ns;

- maximale ingangsspanning ±50 V;
- AC/DC-koppeling;
- analoge bandbreedte 5 MHz;
- voeding 250 mA via USB-kabel;
- hardware upgrading via FTDI Morphing Technology.

Figuur 2
De drie mogelijke meetprobes van de "Swordfish"



FTDI Morphing Technology

Deze door "Future Technology Devices International Ltd." ontwikkelde technologie houdt in dat de hardware hoofdzakelijk in FPGA-chip's zit. Deze chip's kunnen via USB op een heel eenvoudige manier volledig herprogrammeerd worden. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van MPSSE, letterwoord van "Multi Protocol Synchronous Serial Engine". Hiermee kan de functie van een FPGA dus in circuit omgebouwd worden, vandaar dan ook de naam "Morphing Technology".

EasyScope II oscilloscoop software

De meegeleverde "EasyScope II" software zet een échte scope op uw scherm met de volgende specificaties:

- tijdbasis 50 ns/div tot 50 ms/div;
- oversampling knop voor verhogen resolutie (vanaf 0,5 µs/div);
- Y-kanaal 0,1 V/div tot 10 V/div;
- AC/DC-koppeling;
- x10 knop voor aanpassing aan 1/10 probes;
- invert-knop;
- triggering op edge en puls;
- instelling triggerniveau en -offset;

- vertraagde triggering numeriek instelbaar;
- OSD-markers voor numerieke meting van spanning, tijd en frequentie;
- export naar CSV-formaat (analyse in Excel);
- save oscilloscoop scherm naar BMP;
- auto-set functie voor automatische instelling;
- single en run modus;
- alle gegevens numeriek op het scherm.

Spectrum analyser software

Met de knop "FFT Display" schakelt u in een eigen venster om naar frequentie analyse via Fast Fourier Transform met de volgende specificaties:

- man/auto voor handmatige of automatische schaling;
- averaging tot maximaal 50 sweeps reduceert ruis;
- zero padding verhoogt softwarematig het aantal meetgegevens door intrapolatie;
- twee OSD-markers voor numerieke meting;
- save analyser scherm als BMP;
- zes FFT-algoritmes;
- drie spectrum-algoritmes.

Digitale meter software

Met de knop "Meter Display" schakelt u in een eigen venster om naar een drievoudige digitale multimeter met de volgende specificaties:

- drie x vier digits;
- iedere meter afzonderlijk configureerbaar;
- meten van gemiddelde spanning;
- meten van echte effectieve spanning (True RMS);
- meten van maximale spanning;
- meten van minimale spanning;
- meten van top-tot-top spanning;
- meten van frequentie.

EasyLogger datalogger software

De meegeleverde "EasyLogger" software zet een échte datalogger op uw scherm met de volgende specificaties:

- 40 MHz sampling rate maximaal;
- 1.000.000 samples maximaal;
- sampling interval 50 µs tot 100 s;
- bereik 1 V tot 100 V;
- AC/DC-koppeling;
- ondersteuning van 1/10 probes;
- zoom functies tot tien samples;
- horizontale as in tijd of samples;
- verticale as in V, mV of zélf gedefinieerde eenheden, bijvoorbeeld temperatuur;
- geclipte data worden rood weergegeven;
- drie markers voor numerieke meting spanning en tijd;
- export naar CSV-formaat (analyse in Excel);
- export naar TXT-formaat;
- export naar DLOG-formaat;

- save logger scherm naar BMP;
- memo-functie voor commentaar bij marker punten.

Systeemeisen

De "Swordfish" en de bijgeleverde software stellen de volgende eisen aan uw systeem:
- PC met USB 1.1 of USB 2.0 poort;
- 250 mA stroomcapaciteit van USB-poort;
- Windows 2000 of XP.

Veiligheidsvoorschriften

De massa van de PS40M10 wordt via de afscherming van de USB-kabel verbonden met het chassis van uw PC. Dit betekent dat iedere spanning die wordt aangelegd aan de massa van de PS40M10 ook op de behuizing van uw PC terecht komt! Gebruik het apparaat dus nooit voor het meten van de netspanning of het meten in rechtstreeks uit het net gevoede apparatuur, zoals dimmers. Gebruik in dat soort gevallen steeds een scheidingstransformator!

Belangrijke opmerking

De PS40M10 verbruikt ongeveer 250 mA voedingsstroom uit de USB-poort van uw PC. Let op de maximale belasting die uw USB-poorten kunnen hebben! Zeker bij het gebruik van een moderne optische muis die via een tweede USB-poort op uw PC is aangesloten kan de totale belasting te groot worden. Gebruik dan een USB-hub met ingebouwde voeding.

Disclaimer

Vego VOF heeft de PS40M10 "Swordfish" hardware en de bijgeleverde software uitgebreid getest op systemen onder Windows 2000 en Windows XP Home Edition. Ondanks dát aanvaarden fabrikant noch leverancier aansprakelijkheid voor eventuele schade die zou kunnen voortvloeien uit enige fout die in de hardware, de software of deze handleiding zou kunnen voorkomen.

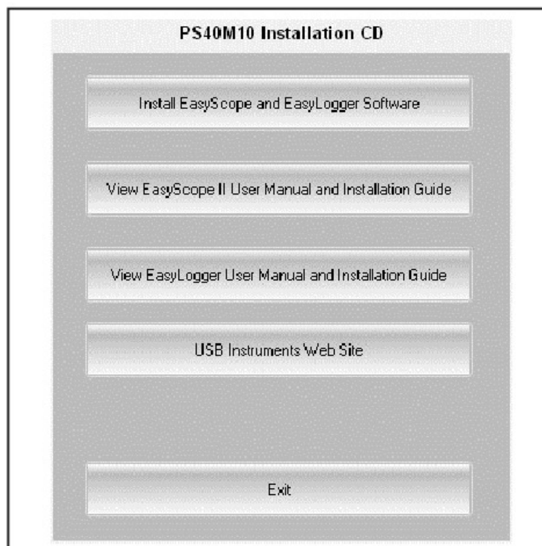
Installatie van de software

Belangrijke opmerking

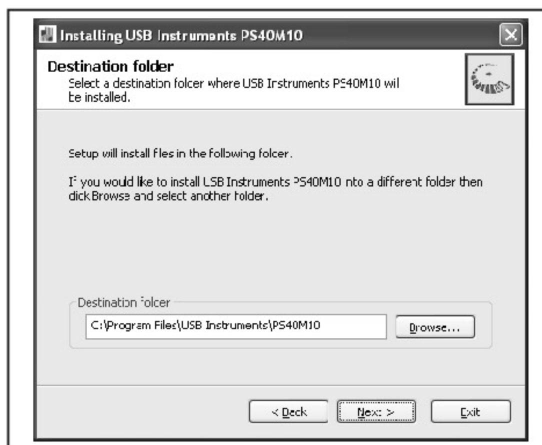
De software moet u installeren ***zonder aangesloten "Swordfish"***! Sluit u tóch het apparaat aan, dan zullen de USB-drivers niet goed worden geïnstalleerd.

Zelfstartende mini CD-ROM

Plaats de meegeleverde mini CD-ROM in uw loopwerk, even later staat het installatievenster van figuur 3 op uw beeldscherm. Dubbelklik op de optie "Install EasyScope and EasyLogger Software". Na de obligate vensters "Welcome" en "Licence Agreement" (klik hier op "I agree ...") kunt u in het venster van figuur 4 de directory selecteren waar u de software wilt installeren.
Een klik op "Next" brengt u in het venster "Installing Files" en tot slot in het venster "USB Instruments PS40M10 has been successfully installed!". De software heeft automatisch twee snelkoppelingen op uw bureaublad aangebracht, een voor de "EasyScope II" software en een voor de "EasyLogger" software.



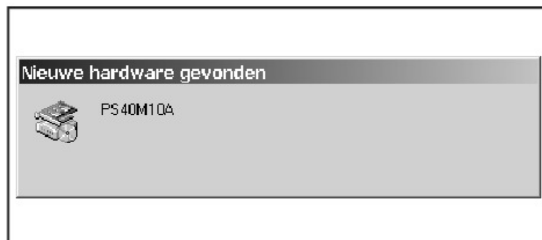
Figuur 3
Het openingsscherm van de zelfstartende CD-ROM



Figuur 4
In dit venster selecteert u de installatie directory

Installeren van de USB-drivers

Plug vervolgens de “Swordfish” in een vrije USB-poort. De twee LED’jes op de voorzijde van het apparaat gaan in een traag tempo knipperen. Windows 2000 of XP ontdekt automatisch dat u nieuwe hardware toevoegt, zie figuur 5 en zet het venster “Welcome to the Found New Hardware Wizard” op uw monitor.

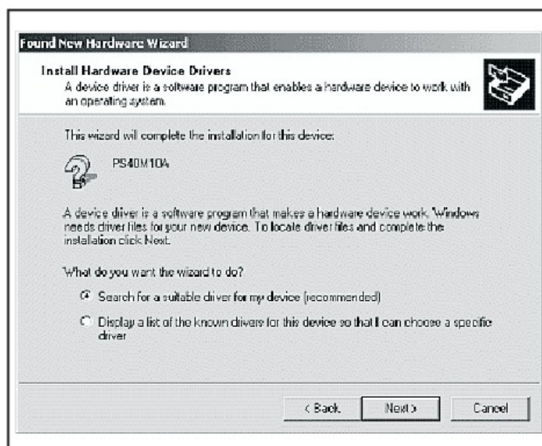


Figuur 5
Windows heeft de nieuwe hardware gedetecteerd

Na een klik op “Next” verschijnt het venster van figuur 6 op uw scherm. Windows gaat op zoek naar de USB-driver PS40M10A. Selecteer “Search for a suitable driver for my device” en klik op “Next”. In het volgende venster “Locate Driver Files” selecteert u “CD-ROM drives”. Blijf in de

volgende vensters op de knop “Next” klikken tot het venster “Completing the Found New Hardware Wizard” verschijnt.

Figuur 6
Windows gaat op zoek naar de USB-driver voor uw “Swordfish”



Opmerking

Nadien wordt de beschreven procedure automatisch een tweede keer doorlopen, want er moet blijkbaar een tweede USB-driver worden geïnstalleerd.

De oscilloscoop “EasyScope II”

Het werkvenster

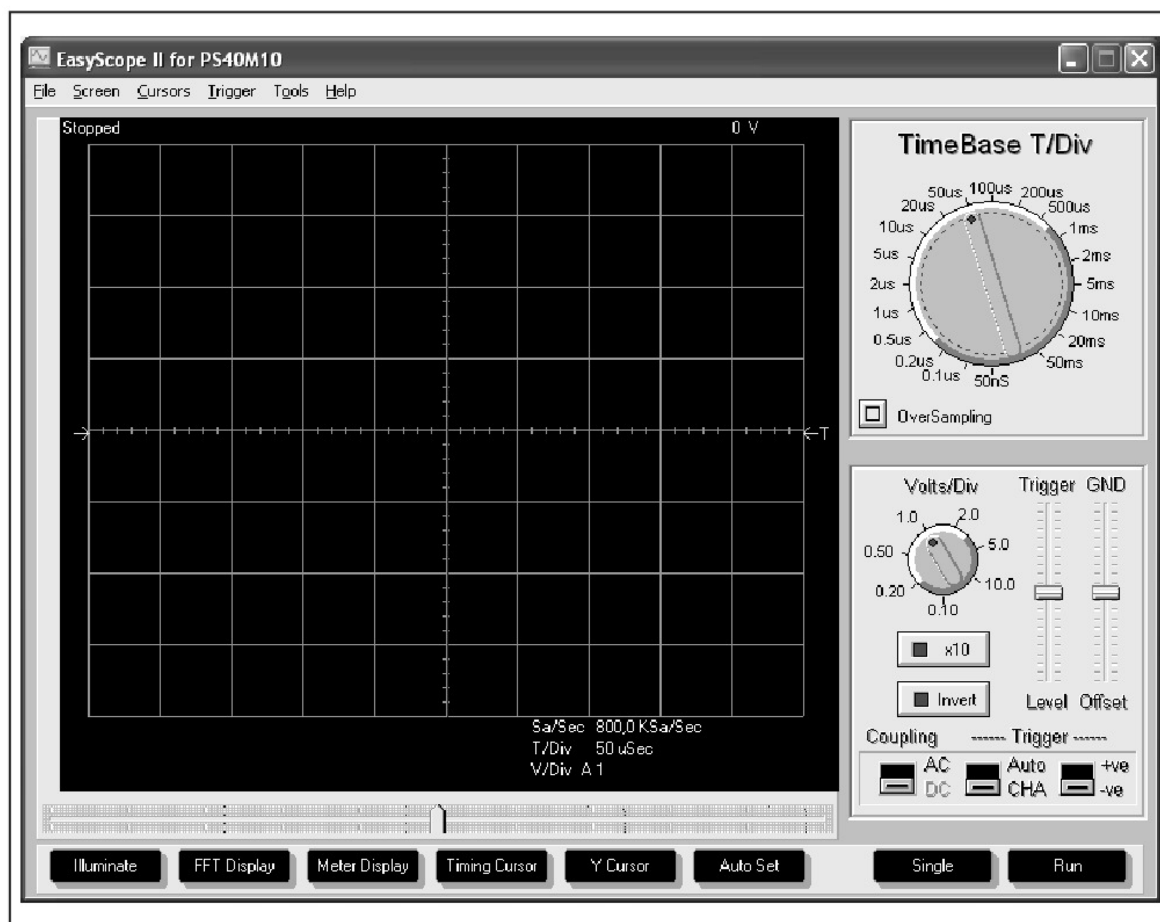
U start de “EasyScope II for PS40M10” door dubbelklikken op het betreffende pictogram op uw bureaublad. Even laten verschijnt er een fraai vormgegeven oscilloscoop op uw beeldscherm met alle knoppen en schakelaars die u van een “echte” scoop kent. U bedient deze knoppen en schakelaars met de muis. Op drukknoppen klikt u met de linker muisknop, draai- en schuifschakelaars verdraait u door er met de muis op te gaan staan en met ingedrukte linker muisknop te draaien of te verplaatsen.

De bedieningsknoppen

Voor de volledigheid even in het kort de functie van alle knoppen en potentiometers:

- TimeBase T/Div
  De tijdbasis schakelaar met een bereik van 50 ms/div tot 50 ns/div.
- Oversampling
  Deze knop bedient het oversampling-algoritme en wordt actief (rood) als u de tijdbasis schakelaar op een afbuigsnelheid van 0,5 µs/div of hoger zet. Wij komen later op deze handige functie terug.
- Volts/Div
  De knop voor het instellen van de gevoeligheid, met een bereik van 10 V/div tot 0,10 V/div.
- x10
  Met deze knop compenseert u de gevoeligheid als u een 1/10 verzwakker in de meetkabel opneemt. Klikken op deze knop heeft tot ge-

volg dat de schakelaar “Volt/Div” tien keer minder gevoelig wordt. De bereiken gaan dan van 100 V/div tot 1 V/div.



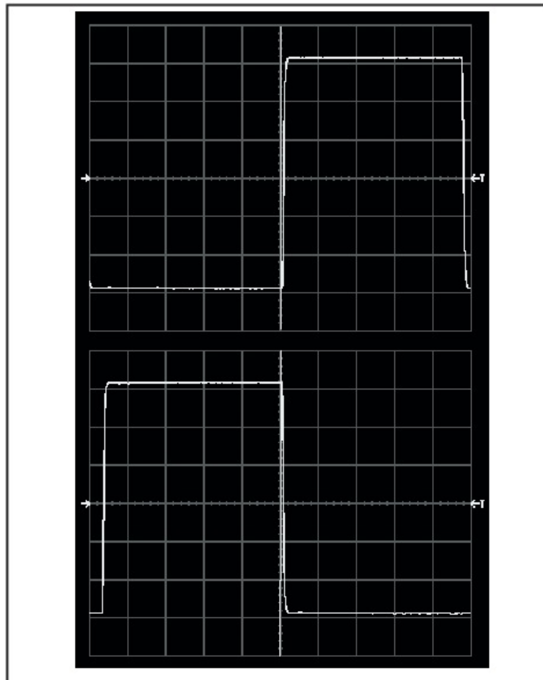
Figuur 7
De software-scope “EasyScope II for PS40M10"

- Invert
  Inverteert het signaal op het scherm rond de nul-as, wat positief is wordt negatief en vice versa.
- GND
  Stelt het 0 V niveau op het scherm in. Links naast het oscilloscoop-scherm ziet u een klein geel pijltje. Dit gaat op en neer als u de GND-potentiometer bedient. Het rechter pijltje “T” gaat synchroon op en neer.
- Trigger
  Met deze potentiometer stelt u het niveau in waarop de scope triggert. De triggerinstelling is gekoppeld aan de GND instelling. In de middenstand van de potmeter wordt altijd getriggerd op 0 V. Vandaar dat het triggerpijltje “T” het “GND” pijltje volgt.
- Coupling AC/DC
  Deze omschakelaar bedient een miniatuur relais in uw “Swordfish” die in de stand “AC” een condensator tussen de meetprobe en de in-

terne elektronica schakelt. In deze stand wordt dus een eventueel op het meetsignaal aanwezige gelijkspanning geblokkeerd.

- Trigger Auto/CHA
  Met deze schakelaar stelt u de triggerconditie in. In de stand "Auto" werkt uw "Swordfish" vrijlopend, dat wil zeggen dat het ingangssignaal zonder voorwaarden wordt gedigitaliseerd. In de stand "CHA" wordt het ingangssignaal gemeten als aan de ingestelde triggervoorwaarden is voldaan. Er zijn vier triggervoorwaarden:
  - het triggerlevel, instelbaar met de potentiometer "Trigger";
  - de signaalflank, instelbaar met de schakelaar "+ve/-ve" (zie verder);
  - de tijdbasis vertraging, instelbaar in het venster "Advanced Trigger and Delayed Timebase Options" (zie verder);
  - de pulsbreedte, instelbaar in het venster "Advanced Trigger and Delayed Timebase Options" (zie verder).
- +ve/-ve
  Met deze knop selecteert u de flank waarop getriggerd wordt. "+ve" staat uiteraard voor een positieve flank, "-ve" uiteraard voor een negatieve flank. In figuur 8 wordt het verschil meteen duidelijk. In het bovenste oscillogram wordt getriggerd op de negatieve flank. In het onderste oscillogram wordt getriggerd op de positieve flank. ***Merk op dat het triggerpunt in het midden van het scherm staat op de blauwe lijn en dus niet zoals bij "echte" scopes aan de linkerrand van het beeld.***

Figuur 8
Het verschil tussen triggeren op een negatieve en positieve flank



- Illuminate
  Als u op deze knop klikt, wordt het raster voor het scherm helderder weergegeven, een softwarematige emulatie van de lampjes die bij een "echte" scope het raster belichten.

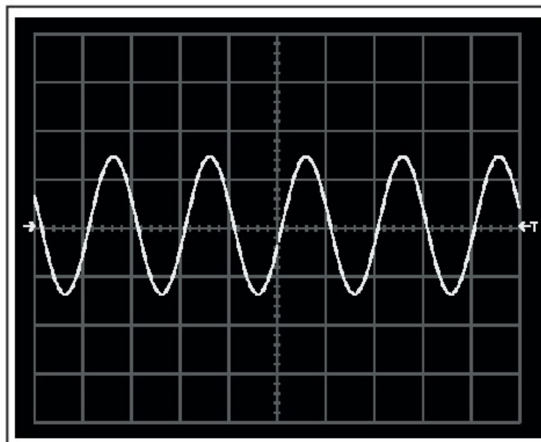
- FFT Display
  Klikken op deze knop start de frequentie spectrum analyser in een eigen venster.
- Meter Display
  Door op deze knop te klikken start u de drievoudige digitale multimeter in een eigen venster.
- Timing Cursor
  Hiermee schakelt u twee verticale cursoren in, waarmee u nauwkeurig tijden en frequenties kunt meten.
- Y Cursor
  Schakelt twee horizontale cursoren in waarmee u numeriek spanningswaarden en -verschillen kunt opmeten.
- Auto Set
  Een interessante optie, waarmee u de scope opdracht geeft automatisch alle knoppen in de juiste stand te zetten voor een stabiel beeld.
- Single
  Als u op deze knop klikt zal uw "Swordfish" één inleescyclus uitvoeren op het moment dat aan de ingestelde triggercondities wordt voldaan en de resultaten op het oscilloscoopscherm zetten.
- Run
  Uw "Swordfish" wordt actief en werkt als een gewone oscilloscoop. Het ingangssignaal wordt gedigitaliseerd als aan de triggervoorwaarden wordt voldaan.
- Stop
  Klikken op de knop "Run" heeft tot gevolg dat deze knop verandert in een knop "Stop". Klikt u op deze knop, dan houdt uw "Swordfish" onmiddellijk op met het digitaliseren van het ingangssignaal en kunt u de meetgegevens rustig bekijken.
- Slide Bar
  Onder het oscilloscoopscherm ziet u een schuifpotentiometer. Bovendien ziet u in het midden van het oscilloscoopscherm een verticale blauwe lijn. Deze lijn geeft het triggermoment weer. Door deze "Slide Bar" naar links of rechts te verplaatsen kunt u door alle gedigitaliseerde ingangssamples vóór en ná het triggermoment scrollen.

Aan de slag

Om uw "Swordfish" te leren kennen is het verstandig het apparaat aan te sluiten op een niet te ingewikkeld signaal, bijvoorbeeld een sinus van 1 kHz, 5 V effectief. Klik op de knop "Run" en vervolgens op de knop "Auto Set". U ziet nu de tijdbasisschakelaar "T/Div" naar de stand 50 ns/div springen en nadien terug draaien naar de stand 500 µs/div. Vervolgens ziet u de knop "Volts/Div" naar de stand 0,1 V/div springen en automatisch terugdraaien naar de stand 5.0 V/div. De "Auto Set" heeft inmiddels ook de triggerinstellingen aangepast, zodat u het stabiele plaatje van figuur 9 op het scherm van uw scope ziet.

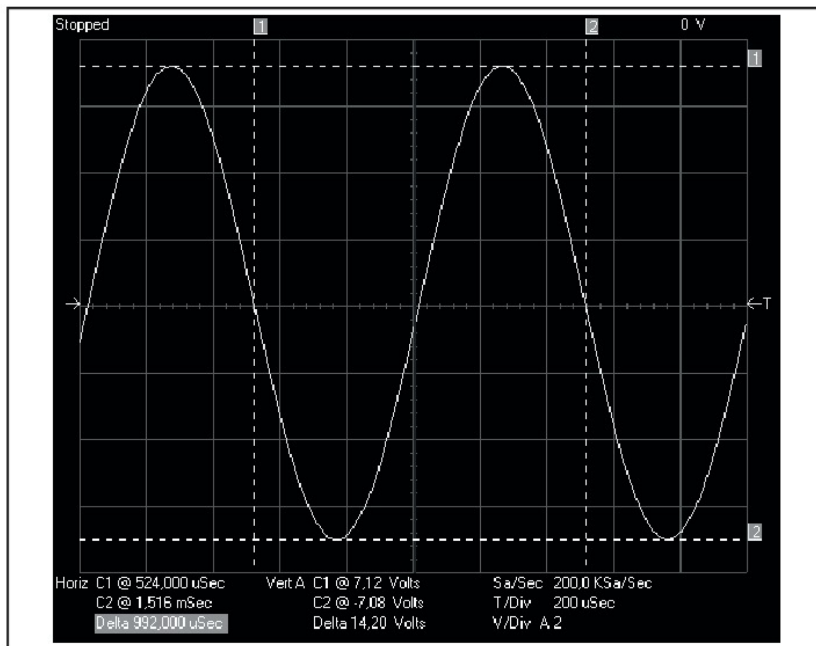
Spanningen, tijden en frequenties numeriek meten

Zet de tijdbasisschakelaar op 200 µs/div en de verzwakker op 2,0 V/div. U krijgt nu twee perioden van het ingangssignaal schermvullend in beeld. Klik vervolgens op de knop "Stop", het beeld bevriest. U kunt nu de exacte waarde van de top-tot-top waarde van het ingangssignaal en de frequentie ervan gaan meten.



Figuur 9
De "Auto Set" zet in dit voorbeeld een 1kHz sinus van 5 V effectief automatisch op het scope-scherm

Klik op de knop "Y Cursor". Er verschijnen twee horizontale stippellijnen in beeld, gemerkt met "1" en "2". Ga met de muiscursor naar de blauwe vakjes van die "1" en "2" en sleep de lijnen met ingedrukte linker muisknop naar de positieve en negatieve toppen van het signaal, zie figuur 10. Onder het oscillogram ziet u nu een tekstje "VertA" waar de exacte spanning van de twee cursoren C1 en C2 worden weergegeven. Daaronder staat "Delta" en het zal duidelijk zijn dat hiermee het absolute spanningsverschil wordt bedoeld. In het in figuur 10 voorgestelde voorbeeld staat C1 op 7,12 V en C2 op -7,08 V, zodat de top-tot-top waarde van het signaal gelijk is aan 14,2 V.



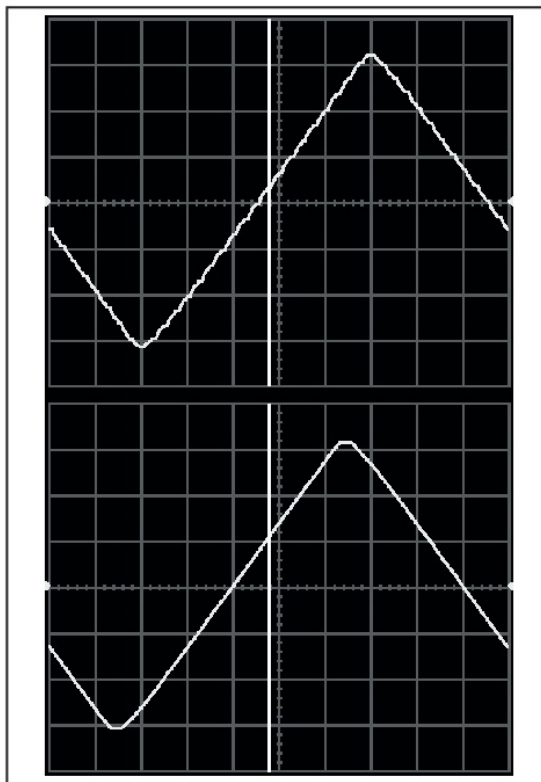
Figuur 10
Het meten van spanningen, tijden en frequenties met de vier cursoren

Klik nu op de knop "Timing Cursor". U ziet twee verticale stippelijnen verschijnen die u op de reeds beschreven manier kunt instellen op de twee nulpunten van het signaal, dus daar waar de sinus de nul-as snijdt. Onder het oscillogram verschijnt de tekst "Horiz" met de exacte

tijdpositie van de twee cursoren en het tijdverschil Delta. In het voorbeeld bedraagt de periode van het signaal dus 992,000 µs.
De Delta-waarde staat in een blauw kadertje. Klik met de linker muisknop in het blauwe kader en de tekst verandert in “Freq 1.008 KHz”.

Experimenteren met oversampling

Om het voordeel van de softwarematige oversampling in te zien moet u een hoogfrequent signaal op de ingang van uw “Swordfish” zetten. Gebruik bijvoorbeeld een driehoek van 1 MHz en zet de knop van de tijdbasis op 100 ns/div. U ziet dat de knop “OverSampling” rood wordt.
In het bovenste oscillogram van figuur 11 ziet u het resultaat van de meting met de normale 40 Msamples/s. Vanwege de hoge frequentie van het signaal krijgt het beeld last van wat genoemd wordt “de stapsgewijze benadering”. Dat is een fundamentele eigenschap van analoog naar digitaal omzetting. Het analoge ingangssignaal wijzigt continu van momentele grootte, de ADC neemt monsters en ieder monster is een momentopname van de grootte van het ingangssignaal. Hoe het ingangssignaal tussen twee monsters varieert ontgaat het systeem. U ziet dus als het ware de opeenvolging van die digitale momentopnames op het scherm en vandaar dat het beeld stapvormig is opgebouwd.
Klik nu op de rode knop “OverSampling”. De software schakelt nu een systeem in dat ook wordt gebruikt bij goede Audio-CD spelers. Bij oversampling worden wiskundige algoritmes ingeschakeld, die kunstmatig samples tussen de “echte” samples van de ADC invoegen. Hierdoor lijkt het alsof de bemonsteringssnelheid van het apparaat toeneemt. Het resultaat is spectaculair.

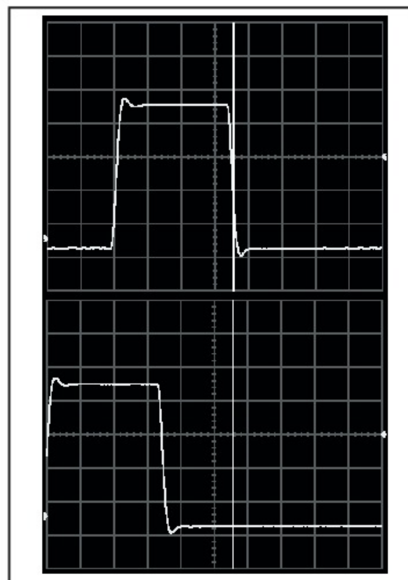


Figuur 11
Door het inschakelen van de oversampling worden snelle signalen tóch zonder de beruchte stapsgewijze benadering weergegeven

In het onderste oscillogram ziet u hoe uw “Swordfish” mét oversampling de zaagtand van 1 MHz netjes op het scherm zet. De trapvormige benadering is verdwenen, het oscillogram is weer glad.
Het oversampling principe verhoogt de samplingsnelheid van de natieve 40 Msamples/s tot 1 Gsamples/s en is beschikbaar in de vier snelste standen van de tijdbasis: 500 ns/div, 200 ns/div, 100 ns/div en 50 ns/div. De oversampling werkt echter alleen betrouwbaar als u een stabiel signaal aan de ingang van de scope aanbiedt, dus een periodiek signaal met een constante frequentie en een constante amplitude.

De vertraagde tijdbasis

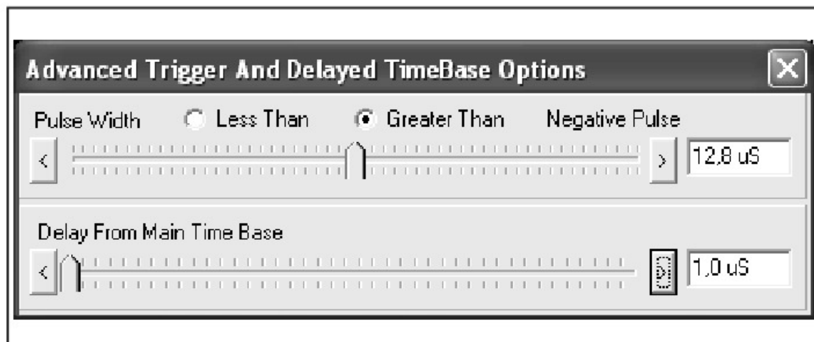
Aan de bedieningselementen is het niet te zien, maar achter een van de menu’s gaat een heel krachtig werktuig schuil: de vertraagde tijdbasis. U kent ongetwijfeld het principe van vertraagde tijdbasis van de betere “echte” analoge oscilloscoop. Normaal start de tijdbasis op het moment dat het ingangssignaal voldoet aan de triggercondities. Als u met vertraagde tijdbasis werkt, kunt u de vertraging instellen tussen het triggermoment en het moment waarop de tijdbasis start. Uw digitale “Swordfish” beschikt ook over een dergelijke functie.
Als voorbeeld zetten wij een puls van 2 µs breedte en een frequentie van 100 kHz op de ingang van de “Swordfish”. We zetten de tijdbasis op 500 ns/div en triggeren op de negatieve flank van het signaal. Als resultaat verschijnt het bovenste oscillogram van figuur 12 op uw beeldscherm. Een mooi plaatje, maar omdat de negatieve flank samenvalt met de blauwe triggerlijn zien wij niet alle details van deze achterflank.



Figuur 12
Met dit voorbeeld wordt de werking van de vertraagde tijdbasis toegelicht

Klik op het menu “Trigger” en selecteer de optie “Delay From Trigger”. In het venstertje van figuur 13 vult u bij “Delay From Main Time Base” een vertraging van 1,0 µs in. Klik het venster weg en zie wat de scope er nu van maakt: het onderste oscillogram van figuur 12. Door de vertraging tussen triggermoment en tijdbasis valt de negatieve flank

nu 1 µs vóór de triggerlijn en kan goed worden geobserveerd. De delay kunt u in het venster van figuur 13 zowel numeriek invullen of door middel van de schuifpotentiometer naar de gewenste waarde schuiven.



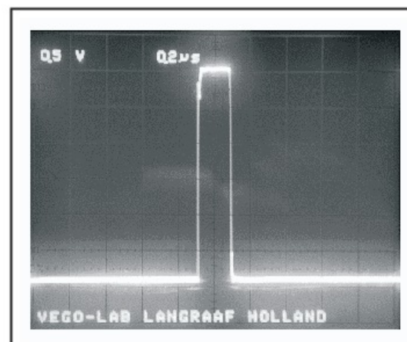
Figuur 13
In dit venster stelt u de vertraging tussen trigger en tijdbasis in

Triggeren op pulsbreedte

In het venster van figuur 13 ziet u nog een tweede schuifpotentiometer “Pulse Width” en twee knopjes “Less Than” en “Greater Than”. Hiermee kunt u een derde triggermogelijkheid instellen die zonder meer uniek te noemen is. U kunt de triggervoorwaarde koppelen aan de breedte van een puls. Stelt u bijvoorbeeld een breedte in van 10 µs en klikt de knop “Less Than” aan, dat zal de “Swordfish” alleen triggeren op een puls die smaller is dan 10 µs. Dit is een uniek systeem om een stilstaand beeld te krijgen in ingewikkelde digitale pulstreinen, bijvoorbeeld een serieel datasignaal en maakt van uw “Swordfish” een eenvoudige maar effectieve logische eenkanaals analyser. U schakelt deze optie in door het “Trigger”-menu te openen, de optie “Pulse” te selecteren en dan “Negative” of “Positive”.

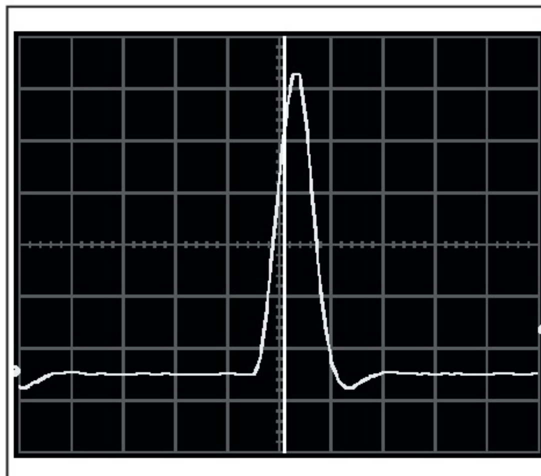
Het onderste uit de kan

Bij iedere digitale scope is de vraag hoe goed het apparaat is als het er op aan komt snelle en/of smalle pulsen te “vangen”. Het ADC-proces heeft immers praktische en theoretische limieten. Welnu, rekening houdend met de bescheiden prijs van uw “Swordfish” brengt het apparaat het er goed van af. In figuur 14 ziet u een smalle puls met een breedte van 100 ns op het scherm van een analoge 100 MHz Philips scope. Figuur 15 geeft dezelfde puls op uw “Swordfish”. Duidelijk is dat het apparaat niet bruikbaar is om de golfvorm van dergelijke pulsen te beoordelen, maar goed in staat is de aanwezigheid van smalle pulsen te registreren.



Figuur 14
Een scherpe 100 ns puls als ultieme test voor uw “Swordfish”

Figuur 15
De 100 ns puls op het scherm van de "Swordfish"

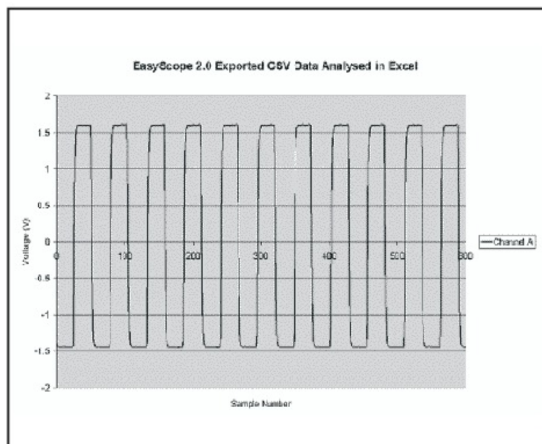


Opslaan van gegevens

Een groot voordeel van een PC-scope zoals de "Swordfish" is uiteraard het gemak waarmee u de gemeten signalen verder kunt verwerken. Geen gedoe met digitale camera's op statieven voor de scope, maar simpelweg softwarematige verwerking. U kunt de beelden van de "Swordfish" op diverse manieren bewaren en verder verwerken. Alle opties treft u aan onder het menu "Screen":

- Save Screen Image to File
  Met deze optie kunt u alleen het beeldscherm van de "Swordfish" opslaan als gekleurd BMP-bestand met als resolutie 545 x 473 pixels. Alle numerieke gegevens boven en onder het oscillogram worden in het bestand opgenomen.
- Setup Printer
  In het bekende venster van Windows kunt u uw printer configureren.
- Print Screen Image
  Stuurt het scherm rechtstreeks naar uw printer, u krijgt een afdruk van 14,5 x 12,5 cm^2.
- Print oscilloscope
  Stuurt het volledig venster van "EasyScope II" naar uw printer met als afmetingen 21 x 16 cm^2.
- Load Background from File
  Met deze optie kunt u een eigen lijnenraster op het oscillogram plakken. De rasters zijn BMP-bestanden met als afmetingen 545 x 473 pixels, die u met een grafisch programma zoals "PaintShop Pro" kunt ontwerpen.
- Save background te File
  Een nogal overbodige optie, die het achtergrondraster dat u heeft ingeladen weer als BMP naar uw harde schijf schrijft.
- Save to CSV text file
  Een zeer nuttige optie, die de digitale gegevens van alle monsters onder de vorm van decimale getallen in een komma gesepareerd CSV-bestand opslaat. U heeft dus toegang tot de data en kunt deze importeren is alle applicaties die CSV-bestanden kunnen inlezen. In figuur 16 ziet u bijvoorbeeld een CSV-bestand van de "Swordfish" dat is ingelezen en geanalyseerd in Excel.

Figuur 16
Het exporteren van de meetgegevens naar Excel



Overige functies

Veel opties in de zes menu's van "EasyScope II" zijn in feite overbodig, want het zijn doublures van acties die u ook met de drukknoppen kunt inschakelen. Toch zitten er een paar interessante opties in de menu's verborgen.

Menu "Screen", optie "Customise Screen Colors"

Met deze optie kunt u de kleuren van alle elementen van het oscilloscoopscherm naar eigen smaak instellen en desgewenst weer terugzetten naar de default-kleuren.

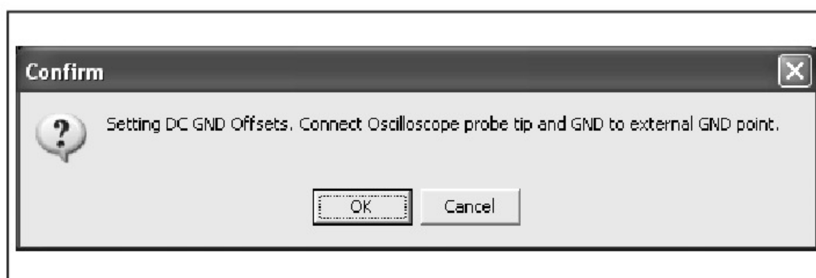
Menu "Tools", optie "Set GND Offset"

Met deze optie kunt u een bepaald spanningsniveau definiëren als virtuele massa. Sluit de "Swordfish" aan op het punt in de schakeling waar de spanning op staat die u als massa wilt definiëren en klik in het venstertje van figuur 17 op de knop "OK". Vanaf dit moment zal de software alle gemeten spanningen refereren naar dit kunstmatig massaniveau.

Menu "Tools", optie "Clear GND Offset"

Het ingestelde kunstmatig massaniveau wordt verwijderd, massa is weer gelijk aan 0 V.

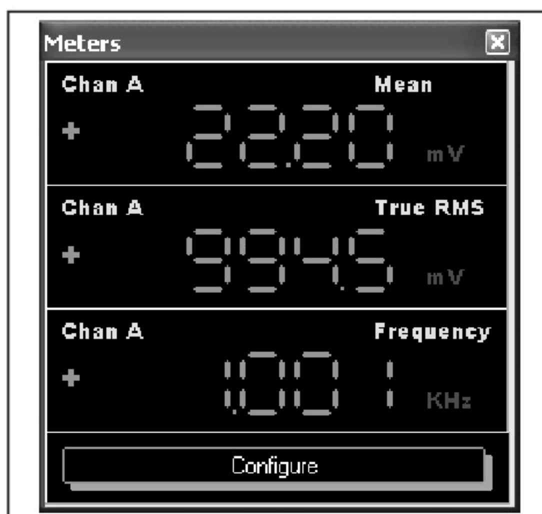
Figuur 17
Met dit venster bevestigt u dat de spanning op de ingang van de "Swordfish" tot virtuele massa wordt bevorderd



De digitale meters

Drie maal vier digits

U start de digitale meters door het klikken op de knop "Meter Display". In het venster van figuur 18 ziet u drie digitale meters met een resolutie tot 9999. Deze meten ieder één parameter van de ingangsspanning.

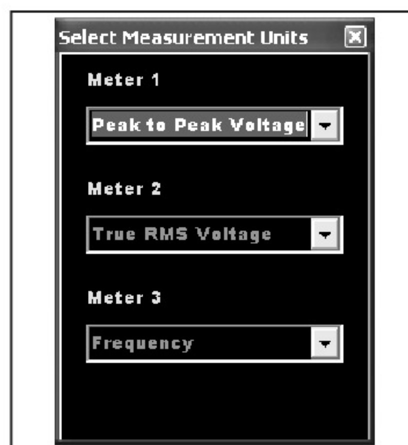


Figuur 18
De drie digitale meters met een resolutie tot 9999

Instellen van de parameters

Klik op de knop "Configure", in het venster van figuur 19 kunt u aan ieder van de drie meters één parameter van het ingangssignaal toekennen. U kunt kiezen uit:

- Mean Voltage
  De gemiddelde waarde van de spanning.
- True RMS Voltage
  De echte effectieve waarde van de ingangsspanning. De effectieve waarde is de waarde die bij wisselspanningen als dé waarde van de spanning wordt gezien. Als we het hebben over "230 V netspanning", dan bedoelen wij dat de effectieve waarde van de netspanning gelijk is aan 230 V.
- Peak to Peak Voltage
  De top-tot-top waarde van de ingangsspanning.
- Minimum Voltage
  De negatieve topwaarde van de ingangsspanning.
- Maximum Voltage
  De positieve topwaarde van de ingangsspanning.
- Frequency
  De frequentie van het ingangssignaal.



Figuur 19
In dit venster stelt u in welke parameter iedere meter moet meten

De nauwkeurigheid

Ook nu zijn we zeer benieuwd naar de nauwkeurigheid van de metingen. We leggen een 1 kHz sinus aan de “Swordfish” aan en meten met een zeer nauwkeurige vijf-en-een-halve digit digitale meter (Philips PM2525) de frequentie, de effectieve waarde en de top-tot-top waarde. De resultaten:

- frequentie: referentie 1,000 kHz, gemeten 1,001 kHz
- effectieve waarde: referentie 0,9979 V, gemeten 0,9945 V
- top-tot-top spanning: referentie 2,841 V, gemeten 2,860 V

We kunnen zonder meer besluiten dat uw “Swordfish” uitermate betrouwbare metingen verricht.

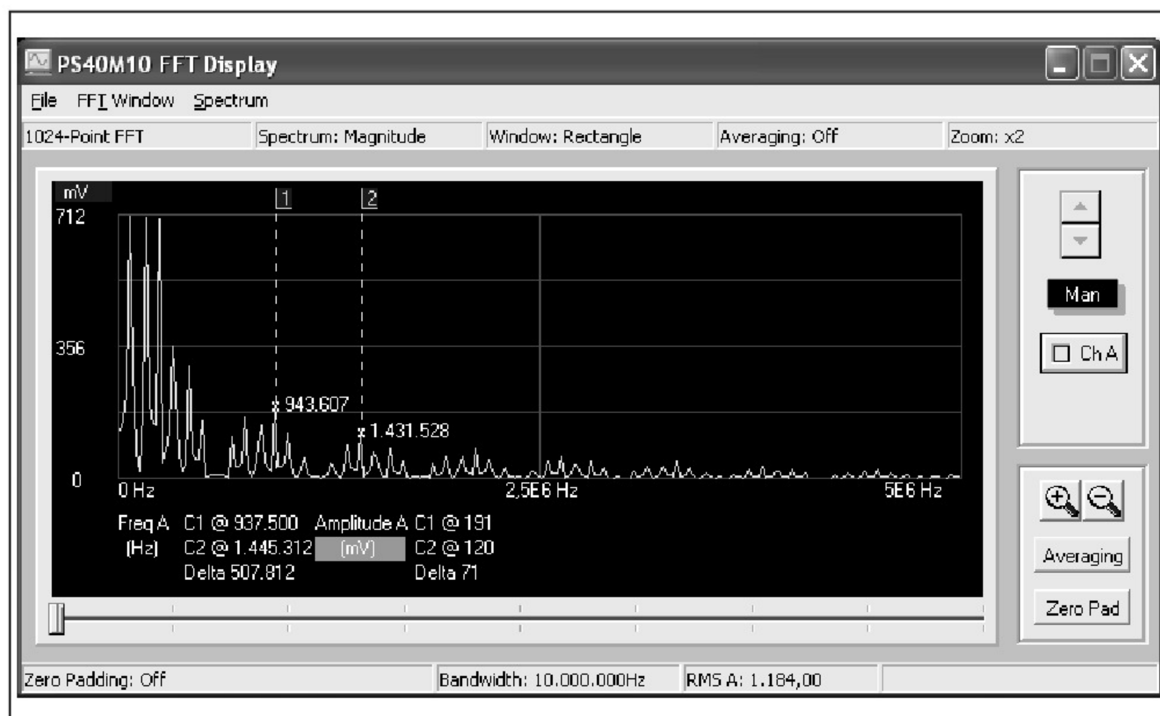
De FFT-analyser

Inleiding

Zoals u ongetwijfeld weet, heeft de Franse wiskundige Fourier ooit aangetoond dat ieder periodiek signaal, hoe grillig van vorm ook, samengesteld is uit zuivere sinussen en cosinussen met frequenties die gelijk zijn aan een veelvoud van de frequentie van het periodiek signaal. Fourier heeft ook de wiskunde bedacht om de grootte van al die harmonische signalen te berekenen.
Er zijn tal van wiskundige algoritmes ontwikkeld die, uit de digitale gegevens die een ADC levert en die natuurlijk een “digitale presentatie” zijn van de vorm van het ingangssignaal, een dergelijke frequentieanalyse softwarematig uitvoeren. Deze algoritmes noemt men “FFT”, letterwoord van “Fast Fourier Transformation”. Ook de frequentieanalysator van de “Swordfish” maakt gebruik van een dergelijk FFT-algoritme om de frequentiesamenstelling van het ingangssignaal te berekenen en op uw scherm te zetten.

Het FFT Display

Als u op de knop “FFT Display” klikt, verschijnt de FFT-analyser in het eigen venster van figuur 20 op uw scherm. U ziet meteen de frequentieanalyse van het ingangssignaal. De horizontale as is natuurlijk een frequentie-as. De schaalindeling is afhankelijk van de stand van de tijdbasisinstelling in het venster van de scope. Beide vensters werken dus samen! De verticale as is op dit moment geijkt in mV, maar dat kunt u met één klik op een knop omzetten in dB.
In figuur 20 hebben wij de frequentie-analyse gegeven van een pulsvormig signaal met een breedte van 200 ns en een herhalingsfrequentie van 85 kHz.
U ziet dat de grondfrequentie, die vrijwel steeds de hoogste amplitude heeft, de verticale as volledig vult. Dat doet de software automatisch, maar deze functie is uit te schakelen.
Verder ziet u twee cursoren, die u op de bekende manier door het beeld kunt verplaatsen. Onder het oscillogram verschijnt zowel de frequentie als de amplitude van de meetpunten waar u de cursoren plaatst. Met “Delta” wordt weer het frequentie- en spanningsverschil weergegeven.
Met de scroll-bar onder het scherm kunt u door de gegevens in de gegevensbuffer scrollen en dus een ander deel van het frequentiebereik in beeld zetten.



Figuur 20
Het venster van de FFT-analyser

Omschakelen naar dB

U ziet dat het vakje “mV” in een blauw kader staat. Klikt u hierop, dan wordt de verticale schaal ingedeeld in dB en worden ook de spanningswaarden op de twee cursoren in dB weergegeven.

Handmatige schaling

Klik op de knop “Man”, met de twee pijltjestoetsen kunt u nu de verticale schaal vergroten of verkleinen. Op deze manier kunt u zwakke harmonischen dus beter in beeld krijgen. De tekst op de knop verandert in “Auto” en u kunt weer automatisch laten schalen door op deze knop te klikken.

De frequentie-as vergroten en verkleinen

Met de twee zoomknopjes (de vergrootglaasjes) kunt u de schaal van de horizontale frequentie-as vergroten of verkleinen.

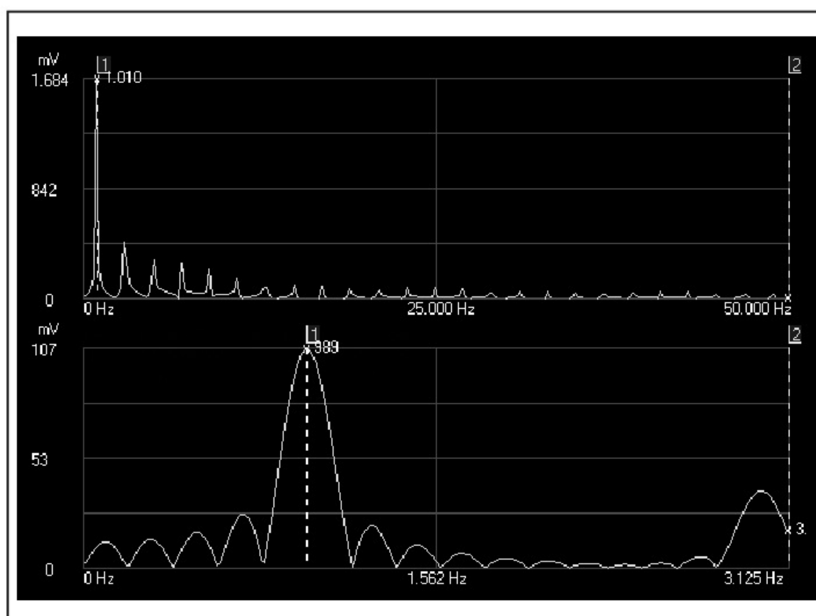
Averaging

Als u een signaal meet met veel ruis zal het FFT-algoritme natuurlijk ook een frequentie-analyse uitvoeren op de ruis. Het gevolg is dat het beeld nogal verontreinigd is met de frequentie-aandelen van de ruis. Dit kunt u oplossen door via de knop “Averaging” een gemiddelde meting uit te voeren. De software verzamelt dan eerst de meetresultaten van 5, 10, 20 of 50 scans en telt deze op. Omdat ruis een statistisch verschijnsel is, heeft het middelen van diverse meetwaarden tot gevolg dat de ruis daalt.
Bij de eerste meting is het ruissignaal op een bepaald tijdstip na triggering bijvoorbeeld +5 mV, bij de twee meting -2 mV en bij de derde meting -4 mV. Het totale ruissignaal op dat bepaald tijdstip na triggering wordt dan slechts -1 mV.

Zero Padding

"Zero Padding" is een beetje te vergelijken met oversampling. Er worden dus kunstmatig meetpunten tussen de "echte" ingelast, waardoor de resolutie van het spectrum toeneemt. Dat merkt u meteen aan de frequentie-as die wordt uitgerekt. U kunt de schaal instellen op x2, x4, x8 en x16.
Als voorbeeld hebben wij in figuur 21 een spectrum gemaakt van een 1 kHz blokspanning, boven zonder "Zero Padding" en onder met maximale "Zero Padding". In het onderste geval kunt u met de cursoren veel nauwkeuriger een bepaalde frequentie selecteren. In het bovenste spectrogram loopt de frequentie-as van 0 Hz tot 50 kHz, in de onderste van 0 Hz tot 3,125 kHz.

Figuur 21
De werking van de "Zero Padding"



Meetresultaten saven

Via het menu "File" en de optie "Save As" kunt u uw spectrogram bewaren als BMP-bestand. Het is niet mogelijk de meetgegevens numeriek te bewaren.

Menu "FTT Windows"

In dit menu kunt het FFT-algoritme instellen op:
- Rectangle;
- Triangle;
- Cos2;
- Gauss;
- Hamming;
- BlackMan.

"Rectangle" is de default instelling.

Menu "Spectrum"

In dit menu kunt u de schaal van de Y-as instellen op:
- Power;
- Magnitude;
- Phase.

"Magnitude" is de default-instelling.

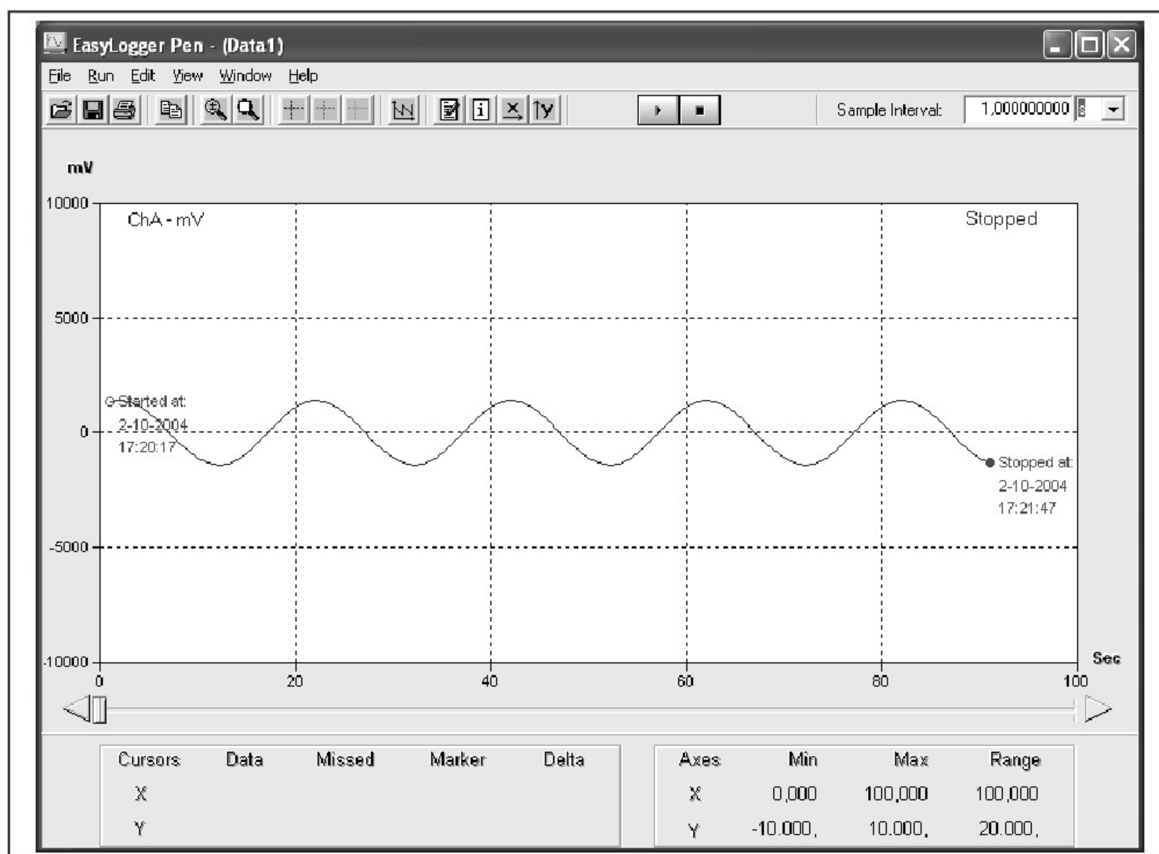
De datalogger “EasyLog”

Inleiding

De “EasyLogger for PS40M10” is een eigen applicatie die u inmiddels al wél heeft geïnstalleerd. U start de datalogger op door het dubbelklikken op het desbetreffende pictogram op uw bureaublad.

Het werkvenster

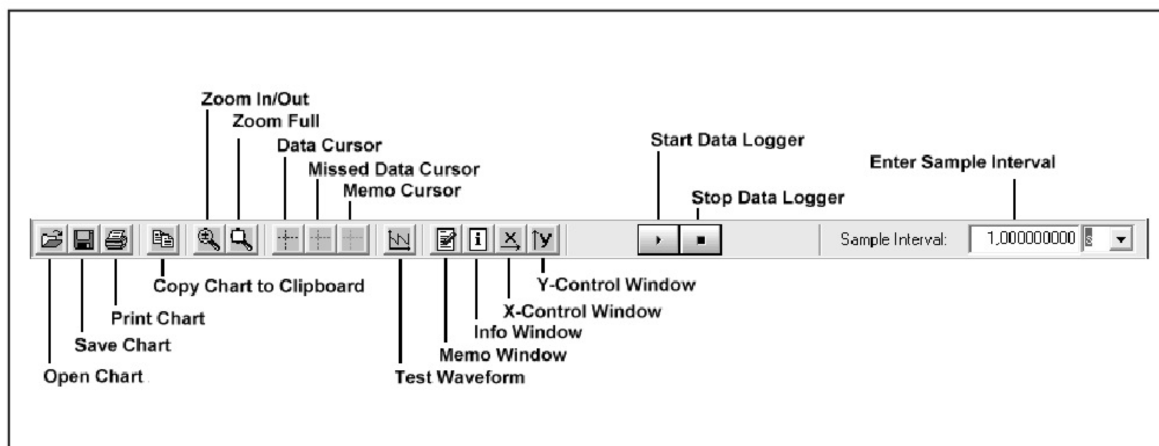
Het werkvenster van de datalogger is voorgesteld in figuur 22. Achter dit eenvoudig venster zit een uitgekiende programmering, die uw “Swordfish” omvormt tot een uitstekende datalogger met heel wat mogelijkheden. Wij hebben meteen een sinus van 50 mHz ingelezen.
De schalen worden bij het opstarten standaard ingesteld op +10 V tot -10 V en 0 s tot 100 s, met een samplingsnelheid van 1 s. Dat wil zeggen dat er als default één monster per seconde van het ingangssignaal wordt genomen en dat u dus 100 seconden in beeld krijgt. Rechts onder ziet u een kader, waar de instellingen en bereiken van beide assen worden samengevat. Die defaultwaarden zijn natuurlijk snel te wijzigen. Naast dit kader ziet u links een tweede kader, waar cursorwaarden worden bijgehouden. U kunt drie cursoren instellen, die u overigens nú nog niet in beeld ziet. Boven het oscillogram ziet u een uitgebreide knoppenbalk.



Figuur 22
Het werkvenster van de datalogger met de default-instellingen

De knoppenbalk

De knoppenbalk is nog eens voorgesteld in figuur 23, maar nu met de functie van alle knoppen ingevuld. De pictogrammen in de knoppen zijn goed gekozen en u zult er vrijwel onmiddellijk mee aan de slag kunnen.



Figuur 23

De functie van de knoppen in de knoppenbalk

Open Chart

Een datalogger oscillogram wordt door de ontwerpers van de software “Chart” genoemd. De meetresultaten worden opgeslagen in een intern formaat met als extensie .dlog. Klikken op deze knop geeft u toegang tot het standaard Windows venster waarmee u een .dlog bestand kunt openen en eerder verrichte loggingen weer in de datalogger kunt openen.

Save Chart

Met deze knop kunt u een gemeten datalogger oscillogram op diverse manier bewaren:

- BMP
  Schrijft het scherm weg als grafisch BMP-bestand met als afmetingen 755 bij 356 pixels.
- DLOG
  Schrijft de meetgegevens weg in het eigen formaat van het programma.
- CSV
  Schrijft de meetgegevens weg als een komma gescheiden CSV bestand voor export naar programma’s die dergelijke gegevens kunnen verwerken. Als u “Excel” op uw systeem heeft geïnstalleerd zal het dubbelklikken op een CSV-bestand deze applicatie automatisch openen. Let echter op! “Excel” kan maximaal 65.536 regels met gegevens behappen en een databestand van “EasyLogger” kan maximaal 1.000.000 meetgegevens bevatten. Het programma beperkt de export naar CSV tot de eerste 65.536 regels.
- TXT
  Om de beperking van CSV in “Excel” te omzeilen is ook in export naar een normaal tekstbestand voorzien, zie figuur 24. De meeste analyse software kan hiermee uitstekend overweg.

Figuur 24
De uitvoer van de meetgegevens onder de vorm van een TXT-bestand

```
{===============================================}
{       Started on: 3-10-2004                   }
{               at: 12:07:40                    }
{ Sample Interval: 0,005 s                      }
{===============================================}

Sample Number          Voltage            Memo
-------------    ---------------   ---------------
            1            4,060
            2            3,560
            3            2,820
            4            2,040
            5            1,220
            6            0,400
            7           -0,480
            8           -1,260
            9           -2,060
           10           -2,840
           11           -3,560
           12           -4,140
           13           -4,560
           14           -4,920
           15           -5,160
           16           -5,240
           17           -5,180
           18           -5,000
           19           -4,700
           20           -4,240
           21           -3,720
           22           -3,080
           23           -2,360
           24           -1,560
           25           -0,720
           26            0,160
           27            1,000
           28            1,780
           29            2,520
           30            3,280
           31            3,880
```

Print Chart Met deze knop stuurt u het oscillogram rechtstreeks naar de printer. Het is verstandig het printformaat eerst in uw printer configuratiescherm op “Landscape” in te stellen, want de printout is 20 cm bij 9,5 cm en niet alle printers zijn in staat in “Portrait” 20 cm breedte te printen.

Copy Chart to Clipboard Met deze knop zet u het oscillogram als plaatje van 755 bij 356 pixels in het geheugen van het “Klembord” van Windows.

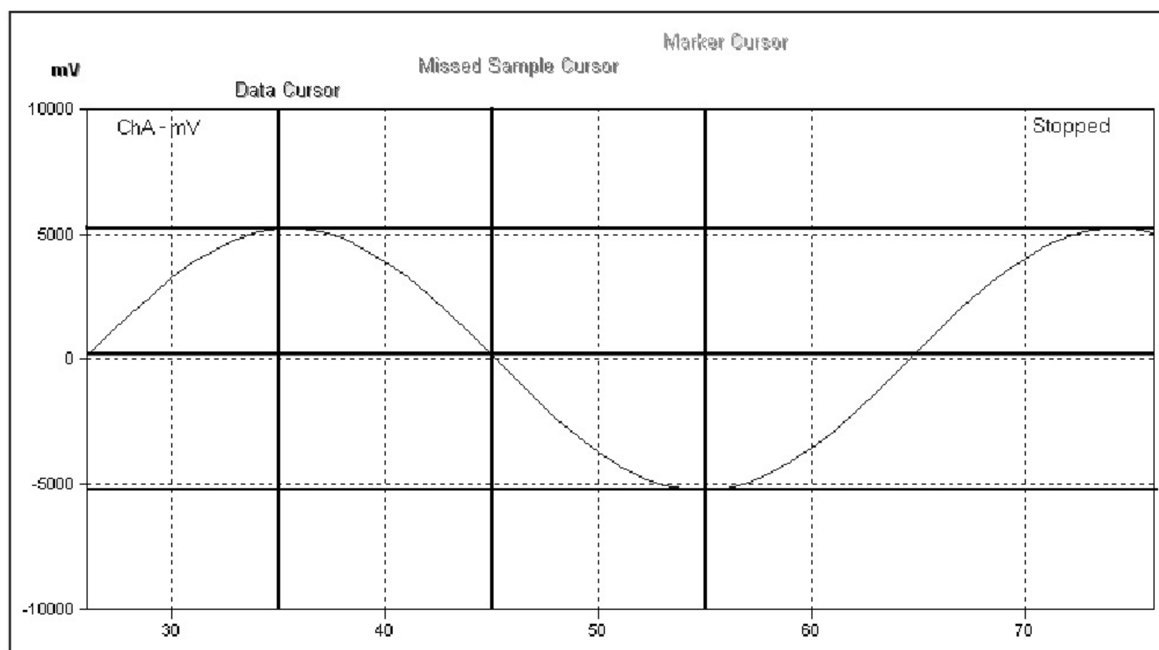
Zoom In/Out Met de linker muisknop zoomt u in op de gegevens, met de rechter muisknop uit. Een u welbekende functie, want vrijwel alle Windows-programma’s werken met deze afspraak. U kunt inzoomen tot het scherm maar 10 van de in totaal 1.000.000 monster bevat! U kunt ook, met ingedrukte linker muisknop, een deel van het oscillogram selecteren. Na loslaten van de muisknop wordt ingezoomd op het gebied dat u heeft geselecteerd.

Zoom Full Zet alle gegevens die in de databuffer zitten op het scherm. Omdat de databuffer maximaal 1.000.000 meetgegevens kan bevatten (tenzij u eerder met loggen stopt) wordt het scherm in de meeste gevallen volledig onleesbaar.

De cursoren U kunt drie cursoren op willekeurige plaatsen op het scherm zetten. Deze hebben ieder een eigen naam en een eigen kleur:
- Data Cursor: blauw;
- Missed Sample Cursor: rood;
- Memo (Marker) Cursor: groen.

De werking is eenvoudig. U klikt een van de drie “Cursor”-knoppen aan. De cursorlijn verschijnt op het scherm en u kunt deze, door met inge-

drukte linker muisknop op de cursornaam te gaan staan, naar de gewenste plaats in het oscillogram slepen. In figuur 25 hebben wij de drie cursoren ingesteld op de maximale positieve waarde, de nuldoorgang en de maximale negatieve waarde van onze sinus. U ziet drie horizontale lijnen verschijnen, die op de verticale as aanduiden hoe groot de gemeten signaalwaarde is op de meetpunten van de cursoren.



Figuur 25
Het instellen van de drie cursoren

In het linker kader ziet u de X- en Y-waarden van de drie cursorpunten numeriek weergegeven, zie figuur 26. De kolom “Delta” blijft leeg. “Delta” is in de wiskunde de algemeen gebruikelijke term voor een verschil tussen twee grootheden. Klikt u op dit woord, dan ziet u een pop-up venstertje waarin u kunt aanklikken welk Y- en X-verschil u in de kolom wilt zien:

- verschil tussen Data en Missed;
- verschil tussen Data en Memo (Marker);
- verschil tussen Missed en Memo (Marker).

Figuur 26
Het definiëren van het spanningsverschil “Delta”

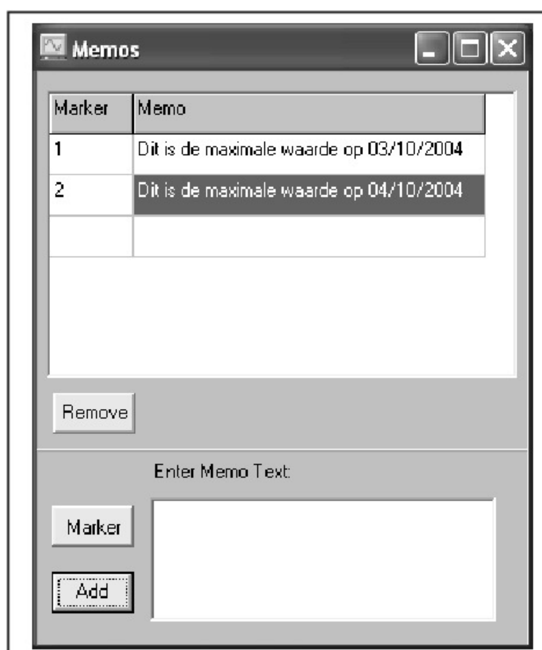
Cursors	Data	Missed	Mark
X	35,000	45,000	55,00
Y	5.220,	140,000	-5.24

Select Delta
Data - Missed
Data - Marker
Missed - Marker
Off

Test waveform Klikken op deze knop activeert de testmodus van de datalogger. Er wordt dan een zaagtandspanning met een frequentie van 76,29 Hz gegenereerd en na klik op de knop “Start” gelogd.

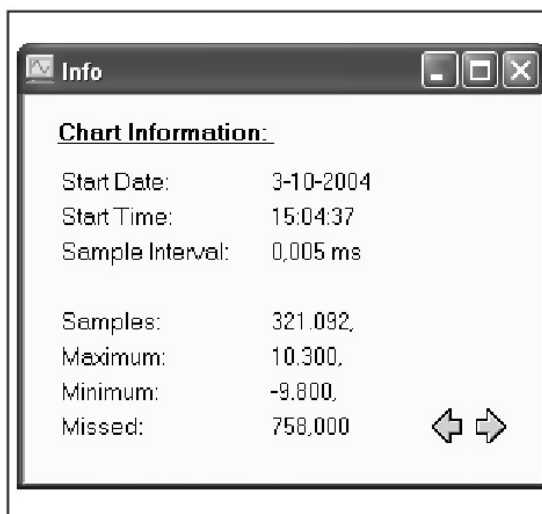
Memo Window Klikken op deze knop opent het “Memo”-venster van figuur 27. Via dit venster kunt u meetpunten in uw logger oscillogram merken met commentaar. Klik op de knop “Marker”, de muiscursor verandert in een pen. Klik met de linker muisknop op het punt van het oscillogram waar u commentaar wilt aan toevoegen. Vul vervolgens in het kader “Enter Memo Text” het commentaar in. Klik op de knop “Add” en het commentaar wordt aan het meetpunt gekoppeld.
De “Memo”-punten worden gemarkeerd met een groen cirkeltje. Wilt u een met commentaar gemarkeerde meetwaarde op uw scherm? Open dan weer het “Memo”-venster en klik op een van de ingevoegde memo’s. U ziet het punt in het oscillogram verschijnen.

Figuur 27
Het toevoegen van commentaar aan uw meetpunten



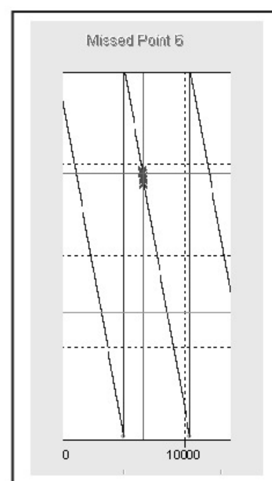
Info Window Klikken op deze knop zet het venstertje van figuur 28 op uw scherm. U krijgt hier informatie over de huidige “Chart”, met:
- startdatum meting;
- starttijd meting;
- sample interval;
- aantal gemeten samples;
- de maximale waarde;
- de minimale waarde;
- het aantal gemiste samples.

Gemiste samples Wat zijn gemiste samples? Een datalogger is in feite bedoeld voor het registreren van traag variërende verschijnselen. Toch kunt u bij de “Swordfish” de samplesnelheid instellen tot 50 µs.



Figuur 28
Het venster "Info" geeft informatie over uw meetcyclus

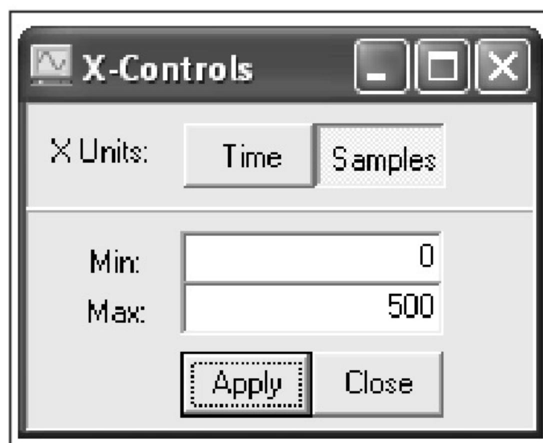
Bij dergelijke hoge snelheden kan het voorkomen dat de software of uw PC te traag is om de sample te meten. Vergeet niet dat Windows slecht overweg kan met multitasking en dat, terwijl "EasyLogger" draait, er op de achtergrond van alles kan gebeuren dat processortijd vraagt. Dergelijke gemiste samples worden met een rood kruisje aangegeven, zie figuur 29. Via het "Info"-venster van figuur 28 kunt u deze gemiste samples snel in beeld brengen. Klik op de twee pijltjesknoppen naast "Missed" en het oscillogram springt onmiddellijk naar het eerste gemiste monster links of rechts van de huidige beeldpositie. Bij deze bewerkingen wordt de "Missed"-cursor automatisch geactiveerd en zet op de aan de hand van figuur 25 beschreven manier de X- en Y-waarden van de gemiste en door de software geïnterpoleerde meetwaarden in het linker kader.



Figuur 29
Via het venster "Info" kunt u op zoek gaan naar gemiste meetwaarden, waarbij de cursor "Missed" automatisch actief wordt

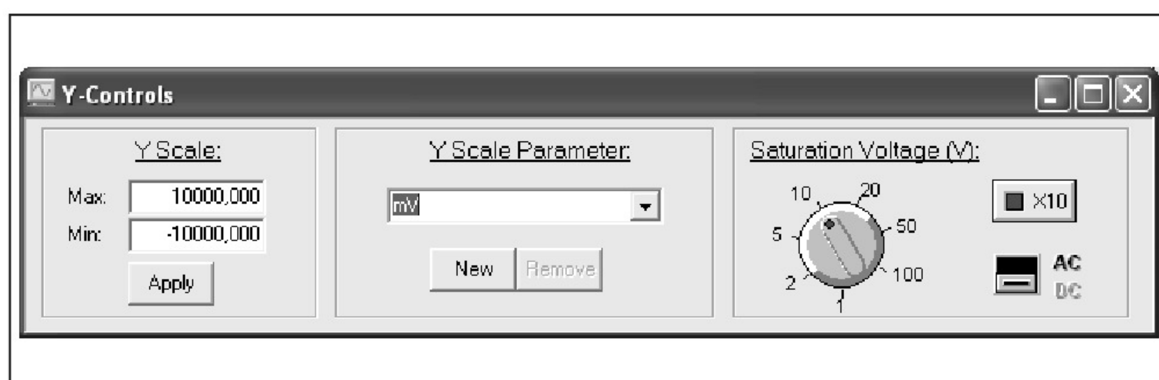
X-Control Window Klikt u op deze knop, dan kunt u in het venster van figuur 30 de schaal van de horizontale as instellen op meettijd of op aantal samples. Verder kunt u in de vakjes "Min" en "Max" de minimale en maximale waarden van het zichtbare deel van de meetgegevens instellen.

Figuur 30
Het instellen van de horizontale schaalverdeling



Y-Control Window

Aan de hand van het venster van figuur 31 kunt u de verticale schaalverdeling definiëren. U kunt de minimale en maximale schaalwaarden instellen ("Min" en "Max") en de eenheid instellen op V, mV of New ("Y Scale Parameter"). Met de knop "Saturation Voltage" kunt u een maximale spanning instellen, die uw meetsysteem afgeeft.
Stel dat u temperaturen meet met een sensor en deze sensor kan maximaal lineair 10 V leveren bij 100 °C. U kunt dan deze knop in de stand 10 V zetten. Levert de sensor meer dan 10 V af, dan weet u dat er geen betrouwbaar verband bestaat tussen de geleverde spanning en de gemeten temperatuur. Meetpunten die de ingestelde "Saturation Voltage" overschrijden worden in het rood weergegeven.
Met de knop "x10" kunt u de schaalwaarde automatisch compenseren bij gebruik van een 1/10 meetprobe.
Met de knop "AC/DC" kunt u uiteraard weer de miniatuur relais in uw "Swordfish" bedienen die gelijkspanning al dan niet doorkoppelen.



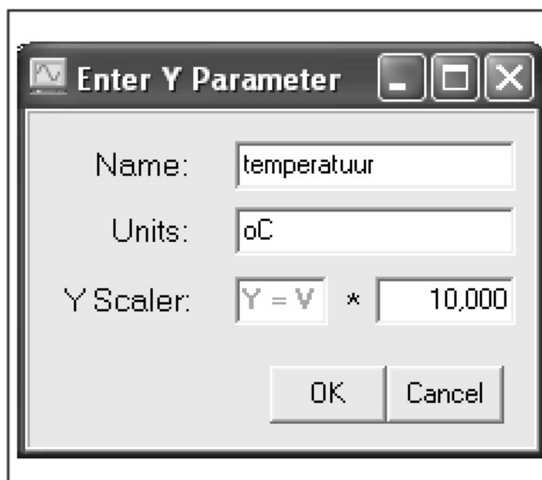
Figuur 31
Het instellen van de verticale schaalverdeling

Nieuwe meetwaarde definiëren

In het venster van figuur 31 ziet u bij "Y Scale Parameter" een knop "New". Een heel interessante optie, want hiermee kunt u een nieuwe meetgrootheid definiëren. Stel dat u een temperatuur logt in een oven. De elektronica meet uiteraard geen temperaturen, maar waarschijnlijk een spanning die afkomstig is van een lineair werkende temperatuur-

sensor. Het zou handig zijn als u de verticale as van uw logging rechtstreeks in temperaturen kon ijken. Dat kan met deze optie, zie figuur 32. U vult als "Name" temperatuur in, als "Units" °C en als "Y Scaler" de omzettingsfactor van de temperatuursensor die u gebruikt volgens de formule *Y = V * omzettingsfactor*. Dat kan bijvoorbeeld een factor tien zijn, waarmee u meldt dat de sensor 100 mV per °C afgeeft. De verticale as van uw logging wordt onmiddellijk aangepast en u leest rechtstreeks de temperatuur van uw meetsysteem uit!

Figuur 32
Het definiëren van een nieuwe meetgrootheid, bijvoorbeeld een temperatuur in °C



Start Data Logger

De functie van deze knop zal duidelijk zijn. Nadat u alle eigen instellingen heeft doorgevoerd, start u de datalogging met deze knop. Het eerste meetpunt wordt weergegeven in een groen cirkeltje met vermelding van datum en tijd.

Stop Data Logger

Al even duidelijk, nu wordt het stoppen van de logging aangegeven met een rood bolletje met datum- en tijdvermelding. U kunt nadien altijd weer verder loggen door de knop "Start Data Logger" weer aan te klikken.

Enter Sample Interval

Met deze optie stelt u het tijdinterval tussen twee opeenvolgende metingen in tussen 50 µs en 100 s.

De menu's

In de zes menu's treft u hoofdzakelijk functies aan die u gemakkelijker met de besproken knoppen kunt oproepen. Toch is er een aantal interessante opties onder de menu's verborgen.

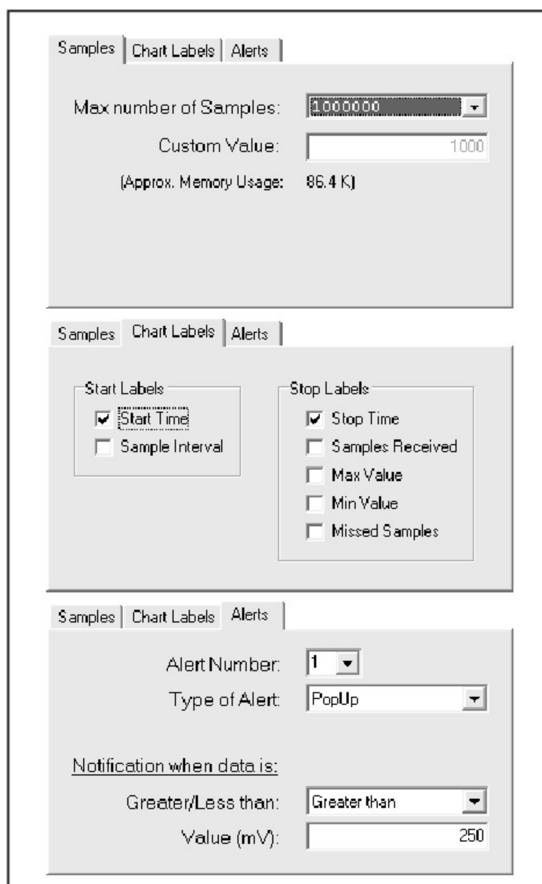
Menu "Edit", optie "Settings"

Deze optie geeft toegang tot de drie tabbladen van figuur 33, waarin u wat algemene gegevens van het programma kunt instellen:

- Samples
  Het maximum aantal samples dat het programma neemt. De defaultwaarden zijn 1.000.000, 500.000, 250.000, 100.00 of 50.000, maar u kunt ook "Custom" kiezen en in het betreffende vakje een eigen aantal invullen. Hoe meer samples u instelt, hoe groter de databuffer in het geheugen van uw PC wordt. Als u de temperatuur in uw oven ge-

durende 24 uur één keer per minuut wilt meten, dan heeft u dus slechts 1.440 samples nodig.

- Chart Labels
  Hier selecteert u de teksten die in het logging oscillogram moeten worden vermeld bij het starten en stoppen van de meting.
- Alerts
  Een nuttige optie, waarmee u het programma maximaal vier alarmen kunt laten genereren als de meetwaarde groter of kleiner dan een bepaalde waarde wordt. In "Alert Number" kiest u een van de vier beschikbare alerts. In "Type of Alert" vult u de actie in die moet worden ondernomen: een pop-up venster op uw monitor, een e-mail berichtje of beide. In "Greater/Less than" vult u in of het alarm af moet gaan als de meetwaarde groter of kleiner wordt dan de drempelwaarde. In "Value" vult u de drempelwaarde in mV in.



Figuur 33
In het venster "Setting" kunt u onder andere vier alarmacties definiëren

Menu "View", optie "Customise Screen Colours"

Met deze optie kunt u de kleuren van:
- Background (achtergrond);
- Grid (schaalverdeling);
- ChA Trace (oscillogram);
- Saturation (meetwaarden die groter zijn dan de in figuur 31 ingestelde waarde);

een eigen kleur geven.

Programmeren

Open structuur Zowel de software “EasyScope II” als “EasyLogger” is open opgezet. U heeft toegang tot de functies en de gegevens vanuit Windows en diverse programmeeromgevingen maar ook vanuit het bekende data-acquisitie programma “LabView”.

Tekstbestanden As u meer informatie wilt over het programmeren van de “Swordfish” kunt u terecht op uw harde schijf in de map C:\Program Files\ USB Instruments\PS40M10. In de directories PDL40M10 en PS40M10 treft u een RTF tekstbestand aan met uitleg over het aanroepen van de functies van de hard- en software.

Programmavoorbeelden In iedere directory vindt u subdirectories met programmavoorbeelden in:

- Windows (DLL’s);
- C++NET;
- Delphi;
- LabView 7.0
- LabView 7.1
- Visual Basic 6
- VB.NET.

Credits

De PS40M10 + EasyScope II + EasyLog zijn ontwikkeld door:

usb-instruments
Ballochmyle House, 87 St Andrews Drive
Pollokshields, Glasgow G41 4DH
United Kingdom
Tel: +44 (0)141 423 2225
Fax: +44 (0)141 424 4547
Internet: www.usb-instruments.com

De PS40M10 + EasyScope II + EasyLog worden verkocht door:

Vego VOF
Postbus 32.014, 6370 JA Landgraaf (NL)
Tel: 045-533.22.00
Fax: 045-533.22.02
E-mail: vego_vof@compuserve.com
Internet: www.vego.nl/usb



Vego VOF
Postbus 32.014, 6370 JA Landgraaf (NL)
Tel: 045-533.22.00 E-mail: vego_vof@compuserve.com
Internet: www.vego.nl/usb